

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-31113

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)2月1日

G 01 D 21/02

7809-2F

G 01 B 9/02

7625-2F

G 01 K 11/12

H

7269-2F※

審査請求 未請求 請求項の数 21 (全16頁)

⑮ 発明の名称 干渉計センサ及び干渉計装置における該センサの使用

⑯ 特 願 平1-140949

⑰ 出 願 平1(1989)6月2日

優先権主張 ⑱1988年6月3日⑲フランス(FR)⑳88 07389

⑳ 発 明 者 フィリップ・ジューブ フランス国、64530・ボンタク、リュ・ジー・ペー・ベガ  
リ、1

㉑ 発 明 者 ジャック・ブロー フランス国、64320・ビザノ、アレ・サンサリク、12

㉒ 出 願 人 ソシエテ・ナシオナ フランス国、92400・クールブヴオワ、ラ・デフアン

ル・エルフ・アキテー  
ヌ(プロデュクシオ  
ン) ス・6、プラス・ドウ・ラ・クボール・2、ツール・エル  
フ

㉓ 代 理 人 弁理士 川口 義雄 外2名

最終頁に続く

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

干渉計センサ及び干渉計装置における該セ  
ンサの使用

## 2. 特許請求の範囲

(1) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる互いに同心の中央光束及び外側光束を使用する2つの並列干渉計を含み、中央光束を使用する第1干渉計が圧力及び温度に反応して変形する変形可能な膜を含み、前記圧力及び温度がこれら2つのパラメータの関数として第1平行平面ガラス板の面の1つに対する前記膜の位置を変化させ、外側光束を使用する第2干渉計では、円筒形スペーサによって定位置に保持された2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれら2つのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化し、前記コリメータレンズが前記2つの光束を光ファイバの方向に従って平行化し、これら

2つの光ファイバが2つの異なる移動距離を有し、各移動距離が光源の干渉スペクトルを発生させ、各スペクトルが加算されて再び光ファイバ方向に合体されることを特徴とする干渉計センサ。

(2) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる互いに同心の中央光束及び外側光束を使用する2つの並列干渉計を含み、中央光束を使用する第1干渉計が圧力及び温度に反応して変形する変形可能な膜を含み、前記圧力及び温度がこれら2つのパラメータの関数として第1平行平面ガラス板の面の1つに対する前記膜の位置を変化させ、外側光束の光路上に配置される第2干渉計が偏光子と複屈折板とで構成され、前記複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果干渉スペクトルが生じ、このスペクトルがコリメータレンズによって光ファイバ上に集束し、中央光束の干渉スペクトルに加えられて再び合体することを特徴とする干渉計センサ。

(3) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる互いに同心の中央光束及び外側光束を使用する2つの並列干渉計を含み、中央光束を用いる第1干渉計が偏光子と複屈折板とを有し、前記複屈折板の複屈折が主に圧力の関数として変化し、外側光束の光路上に配置される第2干渉計が、円筒形スペーサを介して定位に維持された2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれら2つのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化するような干渉計からなるか、又は第2偏光子及び第2複屈折板で構成され、前記第2複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果干渉スペクトルが生じ、このスペクトルがコリメータレンズによって光ファイバ上に集束し、中央光束の干渉スペクトルに加えられて再び合体することを特徴とする干渉計センサ。

(4) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一の光束を使用する直列に配

らなり、前記圧力及び温度がこれら2つのパラメータの関数として第1平行平面ガラス板の面に1つに対する前記膜の位置を変化させ、その結果該膜の位置に関する特徴を表す光路差が生じ且つ光源の干渉スペクトルが発生し、第2干渉計は2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれらのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化する干渉計であって第1干渉計からの光束を使用し、結果として得られる干渉スペクトルがコリメータレンズを介して光ファイバ上に集束することを特徴とする干渉計センサ。

(6) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一の光束を用いる2つの直列干渉計を含み、第1の干渉計が偏光子と複屈折板とで構成され、この複屈折板の複屈折が主に圧力の関数として変化し、光路上に配置される第2干渉計が、円筒形スペーサを介して定位に維持された2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離

置された第1干渉計及び第2干渉計を含み、第1干渉計が圧力及び温度に反応して変形する変形可能な膜からなり、前記圧力及び温度がこれら2つのパラメータの関数として第1平行平面ガラス板の面の1つに対する前記膜の位置を変化させ、その結果該膜の位置に関する特徴を表す光路差が生じ且つ光源の干渉スペクトルが発生し、光路上に配置される第2干渉計が偏光子と複屈折板とで構成され、前記複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果外方向及びその逆の通過の後で、移動差により干渉スペクトルが生じ、最終的に各干渉計の干渉スペクトルの積に等しい干渉スペクトルがコリメータレンズを介して光ファイバ上に集束することを特徴とする干渉計センサ。

(5) コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一光束を用いる直列に配置された第1干渉計及び第2干渉計を含み、第1干渉計が圧力及び温度に応じて変形する変形可能な膜か

がこれら2つのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化するような干渉計からなるか、又は第2偏光子と第2複屈折板とで構成され、前記第2複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果得られる干渉スペクトルがコリメータレンズを介して光ファイバ上に集束することを特徴とする干渉計センサ。

(7) 光路差を変化させ得る複数の物理的量を測定するための光学的干渉計装置であって、

- 少なくとも1つのスペクトル幅の広い光源を含む発光装置；
- 各干渉計に起因する移動差  $D_{c1}$  及び  $D_{c2}$  の複合干渉スペクトルを発生させる2つの直列又は並列に配置された干渉計を含む少なくとも1つの混合又は均一干渉計センサからなる検出器アセンブリ；
- 前記発光装置からの光束を前記検出器アセンブリまで伝搬し且つ前記検出器アセンブリで反射

した光束を逆方向に伝搬する光ファイバアセンブリ；

ー 前記検出器アセンブリからの光束によって選ばれる情報を分析し、測定された物理的量を表す値を出す分析装置であって、

・ 光ファイバの端部2により照明される入力コリメータと、2つの干渉計センサから送出される平行化光束の一部分を反射する基準鏡と、前記平行化光束の残りの部分を反射する第2鏡と、前記2つの鏡で反射した2つの光束を干渉させて、その結果生じる光束を出力に与える手段とを含む2波測定干渉計と、

・ 測定干渉計からの光束の強度を測定して、その強度を表す信号を送出する光電検出器とを含む分析装置；並びに

ー 物理的量を表す値を送出する前記光電検出器からの信号を処理するアセンブリを含み、測定干渉計の第2鏡が、この鏡を微細に移動させ

(10) 必要なシフトがかなり大きい場合に、このシフトを可能にするような厚みを有する前記板のいずれか1つを前記第1鏡又は第2鏡の前に配置して測定干渉計のゼロをシフトさせることを特徴とする請求項7に記載の装置。

(11) 複数の地点で複数の物理的量を測定する複数のセンサを含むことを特徴とする請求項7から10のいずれか一項に記載の装置。

(12) 少なくとも1つの物理的量を測定する単一のセンサを含むことを特徴とする請求項7から10のいずれか一項に記載の装置。

(13) 光源が単一の基本的発光源からなり、永続的に供給~~される~~<sup>される</sup>、一組の光ファイバ分岐の前に配置されたスイッチを照射し、前記光ファイバアセンブリがセンサと同数のファイバを含み、前記スイッチが、各センサによって送出される干渉スペクトルを測定干渉計の入力コリメータを照射するファイバの前に1つずつ選択的に示すように制

て対応移動を正確に測定する圧電式マイクロ配置測定器に固定され、且つ前記処理アセンブリが光電検出器だけでなく前記マイクロ配置測定器にも接続されて、光電検出器に受容される最大光強度に対応する第2鏡の絶対位置の制御及び測定を行い、これに基づいて1つ又は複数の所望の物理的量を得るのに必要な値 $D_{01}$ 及び $D_{02}$ を求めることを特徴とする装置。

(8) 測定干渉計の第2鏡が1つ又は複数のマイクロ配置測定器に固定され、これらのマイクロ配置測定器のうち少なくとも1つが測定に使用され、残りが測定干渉計のゼロをシフトさせることを特徴とする請求項7に記載の装置。

(9) 緊密な関係をもつ厚さを有する複数の板又は数組の板を測定干渉計の第1鏡及び第2鏡の前に配置して、これらの鏡の前に配置された板の厚さの差の関数として光路差を発生させることを特徴とする請求項7に記載の装置。

御されることを特徴とする請求項7から12のいずれか一項に記載の装置。

(14) 発光源が複数の基本的光源からなり、これらの光源が循環的に又はプログラム可能な方法で順次供給~~される~~<sup>される</sup>、一組の光路を介して一組のセンサに光束を送り、前記光束が一組の光路を介してコンセントレータに送り返され、測定干渉計の入力コリメータに送られることを特徴とする請求項7から12のいずれか一項に記載の装置。

(15) スペクトル幅の広い発光源がスペクトル幅を広げるべくバンド幅の広い1つ又は複数の基本的発光源からなり、各光源がファイバの減衰最小値を中心とする最大値を有することを特徴とする請求項7から12のいずれか一項に記載の装置。

(16) 発光源が二色板の全反射波長を中心とするスペクトルを有する第1発光ダイオードと、前記二色板の全透過波長を中心とするスペクトルを有する第2ダイオードとで構成されることを特徴と

する請求項15に記載の装置。

(17) リターンパスとなる光ファイバの分岐が円形の束状にまとめられて相互に接着され、ファイバの軸線と直交する前記束の面が平らに整えられ且つ研磨されることを特徴とする請求項14に記載の装置。

(18) コンセントレータが、小さい角度で漸減する断面をもち且つリターンファイバの束の断面より大きい入力断面を有するファイバからなり、このファイバが例えばガラス棒を引き伸ばすことによって得られることを特徴とする請求項14に記載の装置。

(19) 1つ又は複数の測定装置がスパークギャップの出力に星状に接続され、当該分析装置の有用性を高めるべく切替えが可能であることを特徴とする請求項13、17又は18に記載の装置。

(20) 2つの異なる物理的量を、少なくとも1つを基本的物理量の補正に使用しながら、同一測定地

点で測定する場合の請求項12に記載の装置の使用。

(21) 各干渉計が0.95~0.4の反射係数を有する光路で形成されることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の装置。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、直列形又は並列形二重干渉計センサと、1つ以上の地点で1つ以上の物理的量例えば圧力及び温度を測定する光学的干渉計装置における前記センサの使用とに係わる。この場合、干渉計センサは前記物理的量を光路差として示し得る。

光学センサはいずれも工業的需要度が極めて高く、光束を長距離にわたって運ぶことができる工業的に信頼できる光ファイバが市販されるようになったために、石油分野で特に強く要求されている幾つかの要件、例えば長距離測定が可能である、本来的に安全である、小型である、電磁的妨害に感応しない、多重化が可能である、といった条件を満たす工業用光学センサの実現も可能になった。

このようなセンサは、特に炭化水素及び地熱生産坑井中の温度及び圧力を遠隔地点で正確に測定できるという利点を有する。

本発明の第1の目的は、温度変化及び圧力変化に関連した干渉スペクトル(channelled spectra)の和を求める二重干渉計センサを提供することにある。

この第1の目的を達成するための第1具体例では、干渉計センサが2つの並列干渉計を含み、これらの干渉計がコリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる互いに同心の中央光束及び外側光束を使用する。中央光束を使用する第1干渉計は変形可能な膜を含み、この膜は平行平面ガラス板の面の1つに対して該膜の位置を変化させる圧力及び温度に反応して変形する。外側光束を使用する第2干渉計では、2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれら2つのガラス板の夫々異なる膨張の関数として変化する。コリメー

タレンズは前記2つの光束を光ファイバ方向に集める。

この第1具体例はファブリー・ペロータイプの並列形均一二重干渉計センサを構成する。

第2具体例として、並列形組合わせ二重センサを構成することもできる。

この第2具体例の干渉計センサは、前記第1の目的を達成すべく、コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる同心の中央光束及び外側光束を使用する2つの並列干渉計を含み、中央光束を使用する第1干渉計が第1平行平面ガラス板の面の1つに対する位置変化を生じさせる圧力及び温度に反応して変形する変形可能な膜を含み、外側光束の光路上に配置される第2干渉計が偏光子と複屈折板とで構成され、前記複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果干渉スペクトルが生じ、このスペクトルがコリメータレンズによって光ファイバ上に集束し、中央光束

のスペクトルに加えられる。

前記第1の目的を達成するための第3及び第4具体例では、二重センサが2つの複屈折干渉計を組合せた並列形均一干渉計、又は圧力に感応する複屈折干渉計と温度に感応するファブリー・ペロー干渉計とを組合せた並列形混合干渉計を含み得る。

この第3又は第4具体例の干渉計センサは、前記第1の目的を達成すべく、コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる同心的中央光束及び外側光束を使用する2つの並列干渉計を含み、中央光束を用いる第1干渉計が偏光子と複屈折板とを有し、前記複屈折板の複屈折が主に圧力の関数として変化し、外側光束の光路上に配置される第2干渉計が、円筒形スペーサを介して定位置に維持される2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離が2つのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化するような干渉計からなる

前記光束の光路上に配置される第2干渉計は偏光子と複屈折板とで構成され、前記複屈折板の複屈折は温度の関数として変化し、その結果移動速度差により、内側方向及び外側方向の2回の通過の後で、各干渉計の干渉スペクトルの積として得られる干渉スペクトルがコリメータレンズにより光ファイバ上に集束する。

前記第2の目的を達成するためのこの第1具体例は、直列形混合二重センサを構成する。前記第2の目的に係わる第2の具体例では、2つのファブリー・ペロー干渉計を組合せることによって直列形均一二重センサを構成し得る。

この第2具体例の干渉計センサは、第2の目的を達成すべく、コリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一光束を用いる2つの直列干渉計を含み、一方の干渉計が圧力及び温度に応じて変形する変形可能な膜からなり、前記圧力及び温度がこれら2つのパラメータの関数と

か、又は第2偏光子及び第2複屈折板で構成され、前記第2複屈折板の複屈折が温度の関数として変化し、その結果干渉スペクトルが生じ、このスペクトルがコリメータレンズによって光ファイバ上に集束し、中央光束のスペクトルに加えられる。

本発明の第2の目的は、圧力変化及び温度変化に関連した干渉スペクトルの積を求める二重干渉計センサを提供することにある。

この第2の目的を達成するための第1具体例では、干渉計センサが直列に配置された第1及び第2干渉計を含み、これらの干渉計がコリメータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一の光束を使用する。第1干渉計は圧力及び温度に反応して変形する変形可能な膜からなり、前記圧力及び温度はこれら2つのパラメータの関数として平行平面ガラス板の面の1つに対する該膜の位置を変化させ、その結果該膜の位置に関する特徴を表す光路差が生じ、干渉スペクトルが発生する。

して第1平行平面ガラス板の面に1つに対する該膜の位置を変化させ、その結果該膜の位置に関する特徴を表す光路差が生じる。もう一方の干渉計では、円筒形スペーサを介して定位置に維持された2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれらのガラス板及びスペーサの夫々異なる膨張率の関数として変化して、温度に関する特徴を表す光路差を発生させ、温度に感応する干渉計を2回通過した後で各干渉計の干渉スペクトルの積として得られる干渉スペクトルがコリメータレンズを介して光ファイバ上に集束する。

第3の具体例として、2つの複屈折干渉計の組合せにより直列形均一二重センサを構成してもよく、また第4の具体例として、圧力に感応する複屈折干渉計とファブリー・ペロー干渉計との組合せにより直列形混合二重センサを構成することもできる。

前記第3及び第4具体例の干渉計センサは、コリ

メータレンズの焦点に配置された光ファイバから送られる単一の光束を用いる2つの直列干渉計を含み、第1の干渉計が偏光子と複屈折板とで構成され、この複屈折板の複屈折が主に圧力の関数として変化し、光路上に配置される第2干渉計が第2偏光子と温度の関数として変化する複屈折を有する第2複屈折板とで構成されるか、又は円筒形スベーサを介して定位置に維持された2つの平行平面ガラス板の2つの面の間の距離がこれら2つのガラス板の夫々異なる膨張率の関数として変化するような干渉計からなり、その結果得られる干渉スペクトルが各干渉計のスペクトルの積であって、コリメータレンズを介して光ファイバ上に集束する。

本発明の第3の目的は、前述のごときセンサを光学的干渉計装置で使用することにある。

或る特定の公知装置では、光源から送出された光束が光ファイバによって、例えばマイケルソン

に送られ、そこで反射し、次いで前記分離システムのレベルで再び合体する。

2つの光束部分の合体後に測定干渉計から送出される光束の光強度は、検出干渉計及び測定干渉計の夫々の光応答の間の相関度を表す。測定干渉計では、最高強度の出力光束が検出されるまで可動鏡が機械的に移動する。前記最高強度は2つの干渉計における2つの光路差が互いに等しいことを示す。従って、この最高強度に対応する測定干渉計の可動鏡の位置から検出干渉計の光路差を求めることができる。

米国特許第4 598 486号にはこのような構造が詳細に記述されている。この先行特許には更に、マイケルソン干渉計に代えて、2つの光ファイバの先端で2つのレンズの間に配置した2つの並列状部分透過鏡からなるファブリー・ペロー干渉計を使用できることも記述されている。

このような測定干渉計を用いる公知の装置では、

の原理に基づいて作動する第1の2波干渉計まで運ばれる。この入射光束はそこで、半反射鏡からなる分離システムにより2つの光束部分に分割される。一方の光束部分は固定鏡上で反射し、他方の光束部分は位置が変化する可動鏡上で反射する。これら2つの光束部分は反射後に前記分離システムのレベルで再び合体し、干渉によって1つの総括光束を形成する。この総括光束は所与のスペクトルバンド内に複数の鋸歯即ちギザギザ(indentations)を含むスペクトルを有する。これらのギザギザの位置は2つの鏡に対応した光束部分がたどる光路の差  $D_c$  を表す特徴となる。この光路差は前記可動鏡の位置と関係がある。前記光束は、測定干渉計の役割をもつ第2干渉計まで光ファイバによって運ばれる。この測定干渉計は更に、一方が他方に対して移動し得る2つの鏡と、光を2つの光束部分に分割する半反射鏡からなる分離システムとを含む。これらの光束部分は前記2つの鏡

可動鏡を移動させ且つその移動を検知するのに使用されるシステムが2つのタイプに別れる。第1タイプのシステムでは、測定干渉計の可動鏡がボール又は交差ローラスライド上を機械的に移動するようにし、それによって前記移動を検知する。このシステムにはスペースの問題以外に、摩擦及び機械的遊間の問題、即ち0.1ミクロンを上回る精度を得ることが難しいという問題がある。ここで、鏡を少しだけ動かす、例えば合計10ミクロンの振幅で移動させるためには、大きな測定動力学、例えば $10^3$ ポイントが所望であれば、干渉計の鏡の位置の測定感度が $10^{-3}$ ミクロンを上回らなければならない。

第2タイプのシステムでは、前記移動が不明であるが、検出干渉計と同じ測定干渉計のレーザ干渉計によって測定される。この移動測定の感度はレーザのスペクトル特性に依存し、0.1ミクロンを明らかに上回り得るが、フリンジ位置は相対的

にしか検知できない。従って、ゼロ光路差に対応する鏡の位置から所望の移動に至るまで休みなくモニターを繞って測定を行わなければならない。

別の公知装置では、検出干渉計の光路差 $D_o$ の変化を、測定干渉計を使用するのではなく、検出干渉計からの光束のスペクトル分析とフーリエ変換とによって測定する。このようなスペクトル分析を行えば、 $D_o$ の絶対値に対応するフリンジの周波数及び位相を得ることができる。しかしながらこの方法には、スペクトルを分析するための分光光度計装置、例えばネットワークモノクロメータ、ダイオードストリップ、及び公知ではあるがフーリエ変換には不向きなアルゴリズムを使用するソフトウェアが必要である。また、生産坑井では例えば外側及び内側で $8\text{km}$ という極めて長いファイバを使用するために減衰が生じることから、この方法では十分な感度は得られない。この種の装置の精度は $10^{-3}$ ミクロンに達し得、スペクトルに

ができる。従って、本発明の装置を使用すれば、各々が異なる物理的量を表すか又は表さない複数の光路差 $D_o$ を有すること特徴とする干渉計センサアセンブリからの情報を分析することができる。本発明の装置では、測定干渉計の光路差 $D_o$ の絶対測定を行うことができる。

この第3の目的を達成するために、光路差を変化させ得る複数の物理的量を測定するための本発明の光学的干渉計装置は下記の構成部材を含む：

(1) スペクトル幅の広い光束を送出する発光装置a；

(2) 移動速度差 $D_{o1}$ 及び $D_{o2}$ の複合干渉スペクトルを発生させる2つの直列形又は並列形干渉計からなる少なくとも1つの混合形又は均一形二重センサを含む検出器アセンブリc；

(3) 発光装置aからの光束を検出器アセンブリcまで伝搬する分岐x,yと検出器アセンブリで反射した光束を逆方向に伝搬する分岐y,zとを

関して実施されるサンプリングに依存し、従って分光光度計の解像度に依存する。

本発明は、測定干渉計を用いる分析の原理を使用し且つ先行技術の利点を維持しながら、その欠点、特に大きさ及び精度に関する欠点を解消する。

より特定のには本発明は、調整の難しい可動部材及び測定に時間のかかる重量の大きい機械的移動部材を使用せず、故障の危険がなく、干渉計分析を用いる先行技術の装置に見られるような基準量の変動という問題がなく、また感度を制限する機械的摩擦もない装置を提案する。

本発明が提案する装置は簡単で頑強な構造を有し、小型であり、測定の再現性に関する問題が全くない。加えて、異なる光路差 $D_{o1}$ 及び $D_{o2}$ に対応する混合干渉スペクトルの分析、又は緊密な関係をもつ光路差を有する異なる検出干渉計から発生し逐次的に分析される複数のスペクトルの分析を、同等の正確さで迅速且つ確実に分析すること

含む光ファイバ及びカップラ3アセンブリb；

(4) 検出器アセンブリcからの光束によって運ばれる情報を分析し、測定された物理的量を表す値を出す分析装置dであって、

4a) 光ファイバの端部xにより照明される入力コリメータ10と、二重センサから送出される平行化光束の一部分を反射する基準鏡M1 10と、前記平行化光束の残りの部分を反射する第2鏡M2 12と、鏡M1及びM2で反射した2つの光束を干渉させて、その結果生じる光束を出力に与える手段とを含む2波測定干渉計、並びに

4b) 測定干渉計からの光束の強度を測定して、その強度を表す信号を送出する光電検出器14を含む分析装置d；

(5) 物理的量を表す値を送出する前記光電検出器からの信号を処理するアセンブリe。

この光学的干渉計装置の特徴は、測定干渉計の鏡M2が、この鏡を微細に移動させて対応移動を正

確に測定する圧電式マイクロ配置測定器15の上に固定され、且つ前記処理アセンブリが光電検出器だけでなく前記マイクロ配置測定器にも接続されて、光電検出器に受容された最大光強度に対応する鏡H2の絶対位置の制御及び測定を行い、これに基づいて1つ又は複数の所望の物理的量を得るのに必要な値 $D_{e1}$ 及び $D_{e2}$ を求めることにある。この装置はまた、測定干渉計の基準鏡H1が光路を既知の値だけ変化させる手段を備えることも特徴とする。このような措置は、光学的差 $D_{o1}$ 及び $D_{o2}$ をマイクロ配置測定器の移動範囲内におくために必要とされ得る。

このシフトは、既知の光学的差をもつ透明ブレードを測定干渉計の固定鏡及び可動鏡の前に配置することによって得られる。光源のスペクトル範囲で透過性を示す厚さEのガラス板は、光路差 $D = (n-1)E$ を発生させる。前記式中、nはガラス板の屈折率である。厚さE<sub>i</sub>及びE<sub>j</sub>の2つの板又は2

可動面の移動又は複屈折による光路変化の測定である。これらの場合には、センサの干渉計のレベルで測定される物理的量の特徴を表す光路差が $D_o = 2e$ となるか又は、感応素子が光が2回通る厚さeの複屈折板であれば $D_o = 2(n_o - n_e)e$ となる。前記式中、eは固定反射基準面の位置と測定すべき物理的量の作用を受ける可動反射面の位置との間の差を表す。

センサからの光束を分析する装置の測定干渉計はマイケルソンタイプの2波干渉計、例えば2つの鏡を含む干渉計で構成される。前記鏡のうち1つは逆圧電効果を使用するマイクロ配置測定器を構成する圧電セラミックによって移動し、測定干渉計の移動速度差を絶対値で検出せしめる。前記圧電セラミックのヘッドには閉ループで機能する移動センサが組み込まれ、ヒステリシス現象、非直線性現象及び温度の影響を除去する機能を果たす。

本発明はこれらの利点を有するため、同一の物

組の板を夫々固定鏡及び可動鏡の前に配置すると、これら2つ又は2組の板の厚さEの差に応じて光路差Dが生じる。2つ以上のマイクロ配置測定器からなるスタックを使用しても、測定解像度を変化させずに前記シフトを行うことができる。

本発明の光学的干渉計装置では、使用する光ファイバによって白色光、即ち幅の広いスペクトルでの機能が可能になる。

バンド幅の広い光源のスペクトルには、このスペクトル内で或る波長が消滅するとギザギザが出現する。前記波長はセンサを構成する干渉計内の破壊干渉(destructive interferences)に対応する。この破壊干渉は白色偏光の屈折率変化、又は2つの部分的反射面、即ち基準反射面と測定すべき物理的量に感応して変位する反射面との間の距離の変化によって発生し得る。その結果、測定すべき物理的量、即ち圧力、温度、力又は移動が光路差の変化として表されることになる。例えば、

物理的量例えば圧力を複数の地点で測定する場合(この場合は光学的圧力センサ網を使用する)、又は同一地点で複数の異なる物理的量を測定する場合に有利に使用できる。

いわゆる主要物理量を測定するための本発明の光学的干渉計装置の好ましい具体例の1つでは、二重検出センサが2つの干渉計を含み、これらの干渉計のうち一方が前記主要物理量を測定し且つ他方が前記主要物理量の補正に必要な作用量(influence magnitude)を測定する。

本発明の他の特徴及び利点は、添付図面に基づく以下の非限定的具体例の説明で明らかにされよう。

第1図に示した「並列形均一センサ(parallel homogeneous sensor)」と称する二重干渉計センサは、中空円筒形の締付けリング112と該リングの端部1120にネジ止めされて盲穴114を構成する円筒リング11を含む。前記盲穴は、該センサセ



ンブリに均等に作用する圧力及び温度の関数として変形する金属膜で構成された平坦面115で閉鎖されている。この膜は周縁が厚みE2のスペーサリング12に当接する。このスペーサリングは膨張率 $\alpha 1$ のガラスからなる。この円筒形スペーサリング12には、膨張率 $\alpha 1$ の同じガラスで形成された平行平板14が接着されている。変形可能な膜115と向かい合う前記平行平板の面には、膨張率 $\alpha 1$ の同じガラスからなる厚さE3の平行平板13が接着してある。膨張率 $\alpha 2$ のガラスからなる円筒形スペーサ15を介して前記板14から距離E5をおいた地点には、同じ膨張率 $\alpha 2$ のガラスで形成された第2の平行平板17が配置されている。円筒体15の中には、やはり中空でE5より小さい厚みE6をもつ第2円筒体16が具備されている。この中空円筒体16の内径は平行平板13の外径にほぼ等しい。この円筒体16は膨張率 $\alpha 1$ の第1ガラスで形成され、板14に接着されている。第2板17にはコ

の圧力及び温度が存在する。操作時には、センサの膜115が生産坑井の圧力及び温度の作用を受け、これら2つのパラメータに反応して該膜が動くために各板13及び12の厚みE3及びE2の差に等しい距離eが変化する。距離eが変化すると光路Aに沿ってセンサの対称軸の近傍で第1干渉計を通過する光束のギザギザが膜115の動きの関数として変化する。一方、矢印Bで示した光路に沿って第2干渉計を通過する環状光束は、素子16と素子17との間の距離e'にわたって移動する。この距離は温度の関数として、またこれらの素子の各膨張率 $\alpha 1$ 及び $\alpha 2$ の差に起因して変化する。その結果、光路Bの光束のギザギザが前記変化に応じて変化するようになる。2つの干渉計から出た光はファイバ113の入口で混ざり合い、移動距離2e及び2e'を表すギザギザを有する。第1干渉計の移動距離2eは例えば300ミクロンであり、第2干渉計の移動距離2e'は400ミクロンである。圧力変化及び温度変

リメータレンズ19を取付けるためのスペーサ18が接着されている。コリメータレンズ19の縁には回転体部材110の底部も当接する。この回転体の上部は光伝送ファイバ113の支持体として機能し、前記ファイバの端部は前記コリメータレンズの焦点に配置される。これら種々の素子は、部材110の外面と縛付けリング112の中央孔1121を規定するショルダとに当接する一組の弾性ワッシャ111によって一緒に保持される。センサを周囲の環境から隔離する縛付けリング112の外側のケーシング116は、例えば溶接ビード1160を介して膜リング11に気密的に固定され、更に光ファイバ113を取容するケーブル1130の周りのシールリング1161によってセンサを密封する。このセンサアセンブリ内には、孔120、150及び1122、並びに外側ケーシング116の孔1162を介して最初に真空状態を発生させ、真空が得られたらケーシングの孔1162を閉塞する。ケーシング116の外側には生産坑井内

化を考慮する2e及び2e'に起因するこれらのギザギザは、後述の回路で使用される。第1図の具体例では、素子12、13、14及び16が互いに固定され、素子15及び17も互いに固定される。素子15及び素子14は異なる膨張が生じるように固定しない。

前記センサの一変形例では、円筒体16を板17に接着し得る。この変形例では、第2板17及び第2円筒体16が同じ膨張率 $\alpha 2$ を有し、円筒形スペーサ15が膨張率 $\alpha 1$ を有することになる。

第2図は「直列形混合センサ(series mixed sensor)」と称する第2タイプの二重干渉計センサを示している。この場合も縛付けリング214と面215を有する変形可能膜21とが使用されている。このセンサの第1干渉計も前記面215と平行平板23、板24及びスペーサ22との協働によって形成される。これらの素子は素子11、12、13、14と同じ機能を果たす。第2干渉計は、スペーサ28と、偏光子27と、スペーサ23と、厚みE6の複屈折結晶板

26とを組合わせたスタックで構成される。前記結晶板は例えば、複屈折が温度に応じて変化するニオブ酸リチウム( $\text{LiNbO}_3$ )からなる。この第2干渉計は温度の関数として変化するギザギザを有するスペクトルを発生させる。前記スタックは、両端に平行平板24及び29を接着することによって閉鎖される中空円筒形スペーサ25の中に配置される。このセンサの終端部分は、前記具体例のセンサと同様に、コリメータレンズ211を支持するスペーサ210及び光ファイバの支持体212で構成される。このセンサはまた、該アセンブリが変形可能膜21に当接できるように弾性ワッシャ218も含む。弾性スペーサ28を使用するのは、温度に起因する部材26及び27の合計厚みの変化を部材25の剛強変化に対して補正するためである。第1タイプのセンサと同様に、外側ケーシング116を取付け且つ光ファイバ213を取容するケーブル1130の周囲を密封した後で真空状態を形成することができるように種

折干渉計を並列に組合わせて別の並列形均一センサを構成することもできる。

また、複屈折干渉計とファブリー・ペロー干渉計とを、複屈折干渉計が圧力に感応する第1干渉計及び温度に感応する第2干渉計の役割を果たすように並列に組合わせた、並列形混合センサを構成することもできる。

これらのセンサは任意の干渉計測定装置、特に下記の装置で使用し得る。

この装置は、第3図に示すように、発光装置aと、光束伝送システムbと、二重センサからなる検出アセンブリcと、測定システムdと処理システムeとで構成される。

発光装置aは第3図に示すように、発光ダイオード1のような光源からなる。この光源から送出される光束はコンデンサ2を介して伝送システムbの光ファイバxの入口に集束する。好ましくは、変形例として、2つのダイオード又はバンド幅の

々の部材に孔220、250、2140、1162を設ける。このセンサの場合には、平行化光束が第2干渉計及び第1干渉計を順次通過し且つ反射後に再び第2干渉計を通過した結果生じるスペクトルがコリメータレンズ211によって光ファイバ213上に集束する。そのため、センサから出る光束は、膜215に作用する圧力及び温度の変化並びに板26の複屈折及び厚みE8を変化させる温度変化に起因して2つの干渉計の各々で生じるスペクトルの積からなるスペクトルを有する。

第1図に示した具体例は2つの並列に配置されたファブリー・ペロー干渉計からなり、並列形均一センサと称する。

第2図の具体例はファブリー・ペロー干渉計と複屈折干渉計とを直列に組合わせたものからなり、直列形混合センサと称する。

勿論、2つの複屈折干渉計を直列に組合わせて直列形均一センサを構成するか、又は2つの複屈

広い複数のダイオードを使用し得る。これらの各スペクトルの最大値は光ファイバの各伝送減衰の最小値に合致する。その値は夫々約800、1300及び1500ナノメートルである。最も有利な光源は第7図に示すタイプのものであり、800ナノメートルを中心とする第1スペクトルと、1300ナノメートルを中心とする第2スペクトルとを含む。このバンド幅の広い光源は第1スペクトルで発光する第1発光ダイオード71と、第2スペクトルで発光する第2発光ダイオード72と、これら2つのダイオードの最大発光値の間の中間に中心をおく堅い前端を有する二色板73とを含む。前記二色板73は、1300ナノメートルを中心とするダイオード72のスペクトルを全部透過し、800ナノメートルを中心とするダイオード71のスペクトルを全部反射する。このように、ファイバの最小減衰値に合致した最大値をもつ少なくとも2つの発光ダイオードを組み合わせると、第8図に示すように、相関関数の2つ

の最大値、即ち主要最大値60と該最大値80の近傍の隣接最大値81及び82との差を大幅に増加させることができ、測定ノイズに対する検出マージンを改善することができる。また、ダイオードを1つ使用するより2つ使用した方が有用性も高い。

光束伝送システムbは光ファイバx、y、zとカップラmとを含むサブアセンブリ3からなる。カップラは外部への光路上の光束を光源xからyに移送せしめ、且つ二重センサからの光束をz方向に移送せしめる。ファイバは夫々任意の長さを有し得る。

アセンブリcは、ファイバの光に照射される前記2つのタイプのうちいずれか1つのタイプの二重センサ4を含む。このセンサはコリメータレンズ7と2つの直列形又は並列形干渉計5及び6とで構成される。干渉計5は温度に感応し、干渉計6は圧力及び温度に感応する(第1図の半反射鏡13及び膜15、又は第2図の半反射鏡23及び膜215)。

2つの鏡M1及びM2の各々で反射した光束は分離システム11のレベルで干渉し合うことになる。この光束はコンデンサ13を通過して光電検出器14を照射する。マイクロ配置測定器15及び光電検出器14は制御及び処理装置eに接続される。

2つの鏡M1及びM2の相対位置は、鏡M2をマイクロ配置測定器15により電子的制御システムを通過して移動するように作動させることによって変化し得る光路測定差DMを決定する。光電検出器に到達した光束は第5図に示すような一連の最大値、即ち主要最大値50に近づくほど大きくなる一連の最大値を通過する。主要最大値50は各センサ4並びに測定干渉計11、12、18における2つの光路差 $D_c$ 及びDMが互いに等しいことを示す。この相関関数における第2の最大値は、第11図に示すように、DM=0で現れる。

測定干渉計は光源によって直接照射されると、該測定干渉計の光路差DMの特徴を表す干渉スペク

トリメータレンズ7は光ファイバからの光を受容して、これを干渉計に送る。このレンズはまた、干渉計から送り返された光束をファイバの入口に集束させる。

前記光束は複合干渉スペクトル、即ち並列センサの場合には温度に感応する干渉計並びに圧力及び温度に感応する干渉計の各々に起因する干渉スペクトルの和に相当し、直列センサの場合には前記各干渉スペクトルの積に相当するスペクトルを有する。

ファイバzによって伝送される光束は分析干渉計アセンブリd内に侵入し、コリメータレンズ10及び分離システム11を通過する。この光束は分離システム11で2つの光束部分に分割され、そのうち1つは基準鏡M1 18上で反射し、他方は可動鏡M2 12上で反射する。可動鏡は圧電マイクロ配置測定器15に接続され、測定すべき移動を行うように動かされる。

トルを有する光束を送出する。この測定干渉計は、光路差 $D_c$ に係わる干渉スペクトルを有する光束に照射されると、光路差DM及び $D_c$ に関連した干渉スペクトルの間の相関レベルを強度で示す光束を出力から送出する。ここで、二重干渉計センサ4は、並列センサの場合には2つの干渉計5及び6に起因する2つの干渉スペクトルの和からなる複合干渉スペクトルを有する。従って、光検出器により集められる出力光束の強度は3つの主要最大値を有することになる。これら主要最大値の1つは測定干渉計のゼロ移動距離に対応する。これは、破壊干渉が全く存在せず、干渉計に入ったエネルギーが総て送出されることを意味する。残りの主要最大値は絶対値で二重センサの移動差に等しい測定干渉計の移動差に対応する。即ち、第12図に示すように、DM= $D_{c1}$ 又は $D_{c2}$ に対応する。尚、 $D_{c1}$ は第3図の第1干渉計5の移動差に対応し、 $D_{c2}$ は第3図の第2干渉計6の移動差に対応する。これら2つの光

路差から、例えば生産坑井内の実際の圧力及び温度を計算することができる。

移動距離  $D_{c1}$  及び  $D_{c2}$  が互いに離れ過ぎている場合の測定では、測定干渉計のゼロを小さい既知の値だけシフトさせるべく、既知の小さい光路差を有する一組の板を具備する。これらの板は測定干渉計の鏡M1又はM2の前に配置し得る。かなり大幅なシフトを行う場合には、単一の板、例えば第3図の板17を鏡M1の前に配置するか、又は単一の板18を鏡M2の前に配置する。

第6図は、光源から送出される光が、夫々800ナノメートル及び1300ナノメートルを中心とし且つスペクトル幅が約100ナノメートルであるスペクトルを有する2つの発光ダイオードのスペクトルの和からなる場合に、センサを構成する干渉計の1つと測定干渉計との間に生じる相関関数を示している。このような構造では、主要ピーク60とその側方のピーク61及び62との間のコントラストが

第8図に示すように、複数の物理量を測定する光学的干渉計装置が、複数の光源81-1~81-nを発光光源とし得る発光装置を含む。前記光源は処理及び切替え装置89によって選択的供給を受け、光伝送アセンブリの分岐82-1~82-nを1つずつ照射する。この光学装置は更に、光ファイバ82、84、86と共に前記好適具体例で説明したシステムbと同じn個の伝送システムを形成する一組のカップラ83-1~83-nと、各々が測定を行うように構成されたセンサ85からなるn個の検出器を含む検出器アセンブリと、測定システム88と、n個の接続線810によって光源81に接続された光源処理及び切替えシステム89とを含む。この具体例ではアドレス手段は使用されず、各測定センサで反射した光束が第4図に示すコンセントレータ87によって測定干渉計の入力の前に集められる。

光ファイバシステムの出口では、n個のファイバ88-1~88-nの端部を円形束状にまとめる。この

より顕著であるため、最大値80がより簡単に測定される。

同一ファイバ上の同一センサで直列検出システムを使用し、移動の絶対値を測定するシステムを用いて信号を分析し、それと組合わせて移動差を前記測定システムの移動範囲に戻す一組の平行平面板を使用し、光ファイバの複数の透過窓を用いる光源のスペクトル幅を広げて、検出及び測定ノイズに対する防御を改善させると、炭化水素生産坑井内約3kmの地点で測定した場合には、200バールの圧力範囲及び150℃の温度範囲で0.1%を上回る測定精度が得られる。

光検出器によって送出される信号のレベル及びコントラストを両方共最適化するためには、二重センサの干渉計の平行平面板の反射係数を0.4~0.95の範囲で選択する。有利には、この反射係数を0.4~0.7にする。

前記具体例と密接な関係をもつ別の具体例では、

束は、これらのファイバを実際に含むような直径を有する。次いで、これらのファイバを互いに接着し、軸線と直交する面で平らに整えて研磨し、コンセントレータ87に接続する。コンセントレータ87はn個のファイバ88-1~88-nの束の直径より大きい直径をもつ入力面870を有する。コンセントレータ87は、断面が小さい角度で漸減するようなファイバを得るべくガラス又はプラスチックの棒を引き伸ばすことによって形成する。前記角度が大きいすぎなければ、直径が小さい方の端部871から光束が送出され得る。この光束は入射光束に近い。この状態は第4図に示した。

この光束は従って、各光源から送出される光束である。

第3図に示すアセンブリ9と同じ測定干渉計88の光検出器に接続された処理システム89は、相関最大値に対応する光路差変化測定値  $D_{c1}$  及び  $D_{c2}$  から、各センサで測定された物理量を求めるための

ものである。

第9図に示す別の変形例は、センサからの測定路を切替える装置によって単一分析干渉計98に接続されたマルチセンサ計測システム98からなる。このシステムは光ファイバ92によってカップラ93に接続された光源91から光を受容する。前記カップラは処理及び制御回路99から接続線910を介して制御される光路スイッチ94に結合している。光ファイバからなる各光路95-1~95-nは夫々のセンサ96-1~96-nに接続される。カップラ93は切替えられた光路を、第3図のシステム9と類似の分析及び測定システム98に接続されたファイバ97に結合する。前記した2つの具体例では、選択的に照射される2つのセンサの各々から発生するn個の複合干渉スペクトルが処理システム89又は99によって逐次1つずつ分析される。

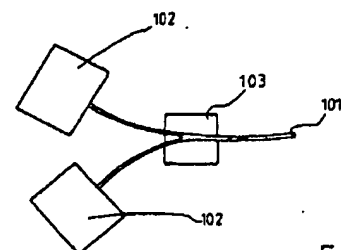
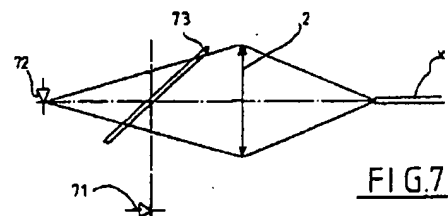
更に別の具体例として、第10図に示すように、スパークギャップ103を測定する前記タイプの測

定装置102を複数個接続してもよい。各測定装置102は該アセンブリの有用性を高めるために切替え可能にする。

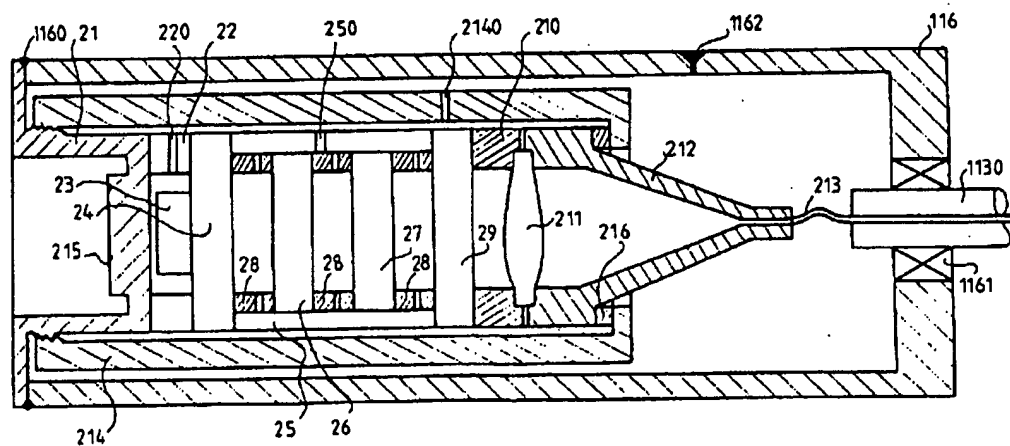
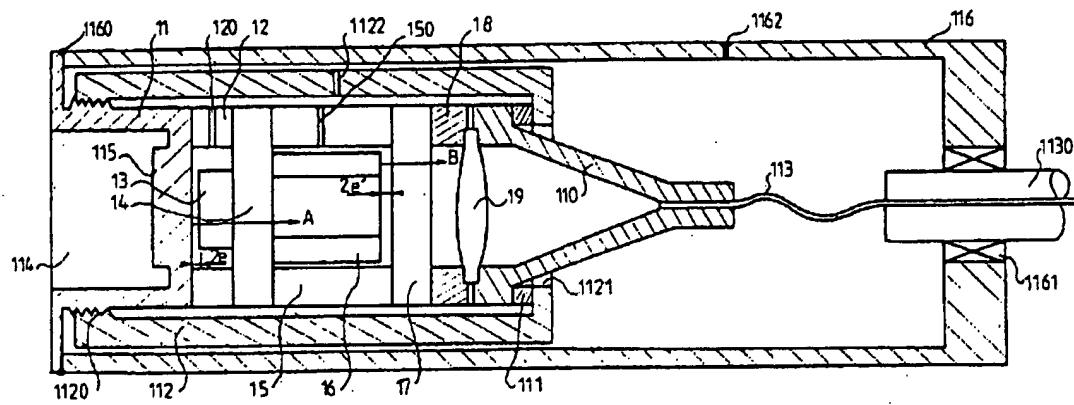
勿論、本発明は以上説明してきた特定具体例には限定されず様々な変形が可能であり、前記した種々の手段、部材と等価の手段、部材及びその組合わせも本発明の範囲に含まれる。特に、第8図~10図に示した分析システムの具体例で使用する干渉計センサは、測定する物理量の所望の測定精度に応じて2つ又は1つにし得る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の並列形均一二重干渉計センサの断面図、第2図は本発明の直列形混合二重干渉計センサの断面図、第3図は本発明の装置の全体的構造を示す簡略説明図、第4図はコンセントレータの一具体例を示す説明図、第5図は単一の発光ダイオードを光源として使用した場合に単一干渉計のセンサの干渉計と測定との間に得られる相



関関数として光検出器から送出される  $D_c$  を中心とする信号のグラフ、第6図は2つの異なる発光ダイオードを光源として使用した場合にセンサの干渉計と測定との間に得られる相関関数として光検出器から送出される信号のグラフ、第7図は二重スペクトル光源の一具体例を示す説明図、第8図は切替え光源を備えるマルチセンサ干渉計装置の一具体例を示す説明図、第9図は単一の光源及び単一の分析器を備えるマルチセンサ干渉計装置の一具体例を示す説明図、第10図はマルチアナライザ装置の説明図、第11図は第5図と同じ条件下での  $D_{n=0}$  からの相関関数を示す説明図、第12図は2つのセンサ  $D_{c1}$  及び  $D_{c2}$  と1つの発光ダイオードとを用いた場合の相関関数を示す説明図である。  
13, 14, 17... 平行平板、19... コリメータレンズ、115... 変形可能膜、113... 光ファイバ。



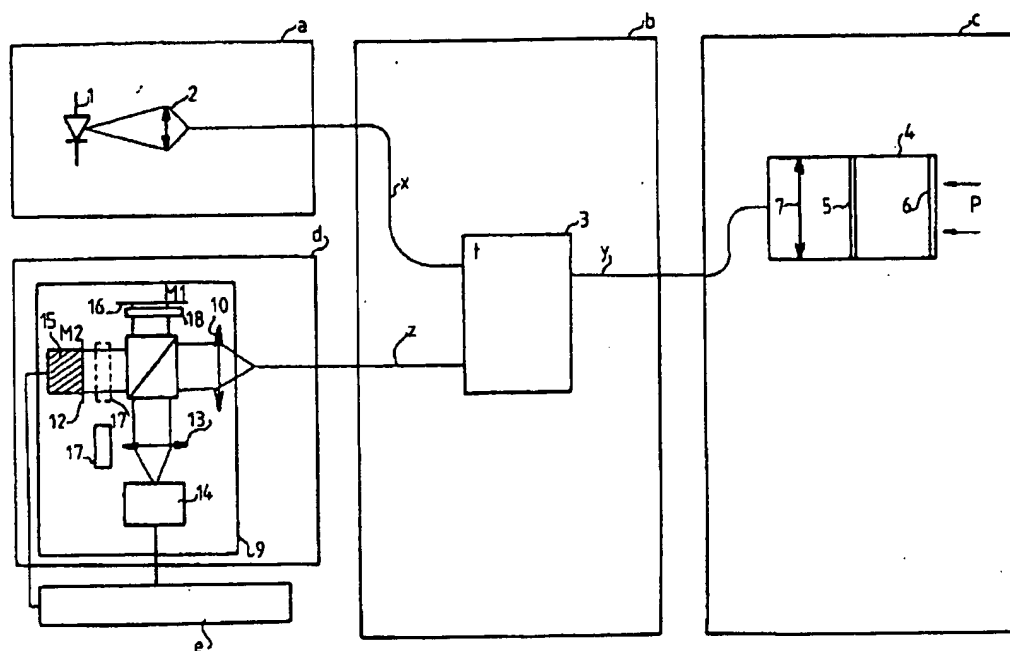


FIG. 3

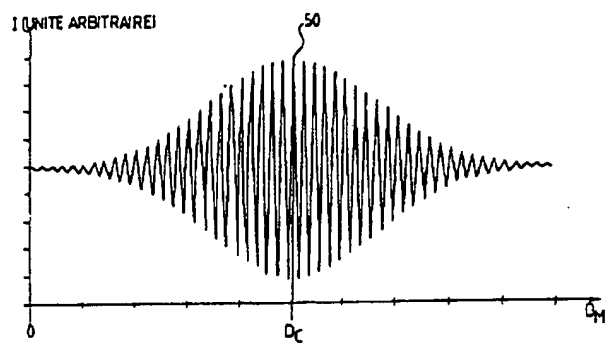


FIG. 5

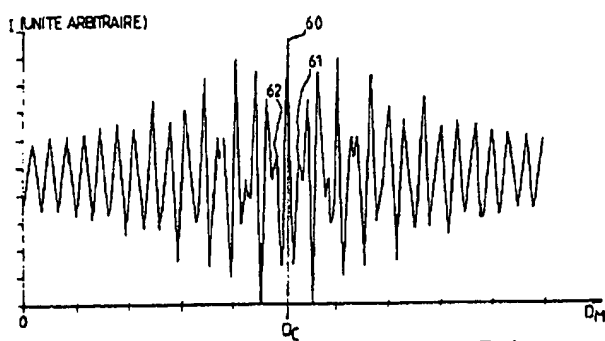


FIG. 6

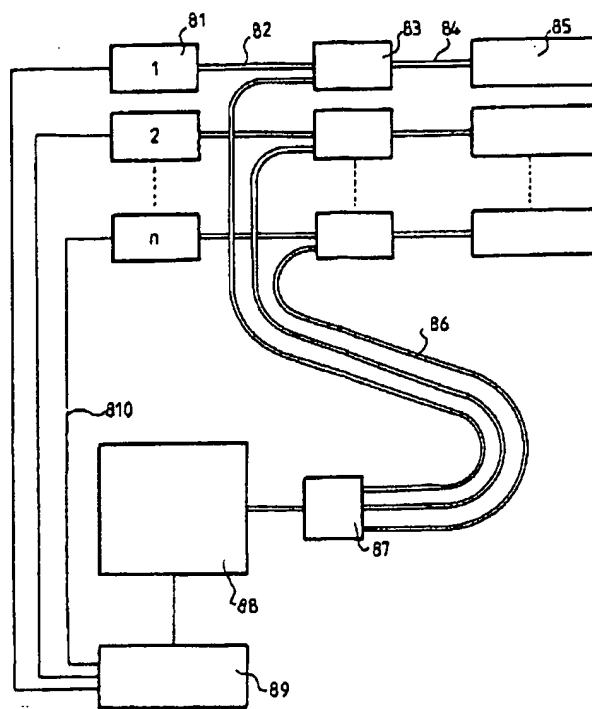


FIG. 8

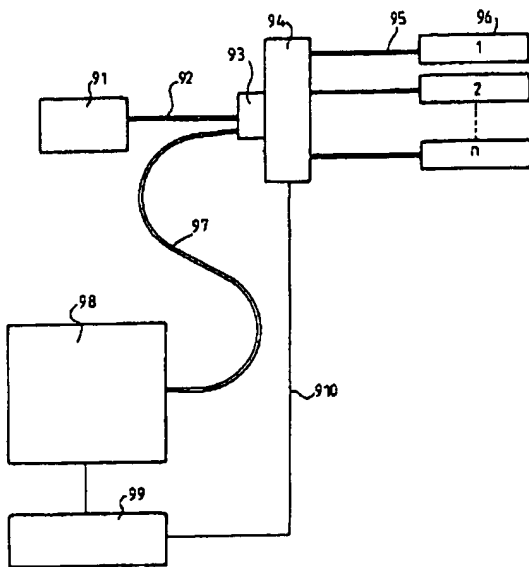


FIG.9

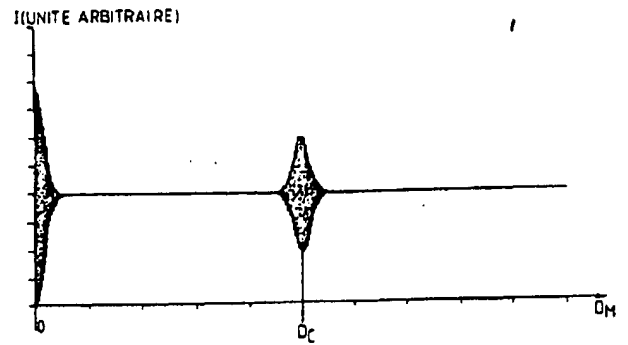


FIG.11

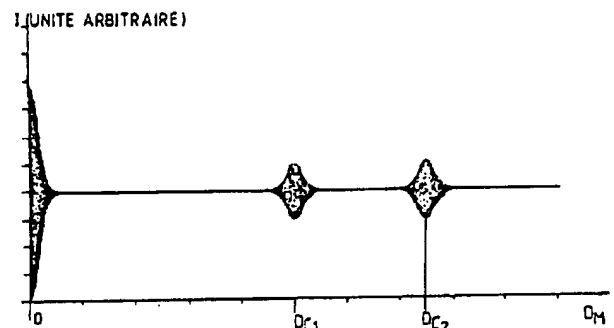


FIG.12

第1頁の続き

⑤Int. Cl. 3

G 01 L 9/00

識別記号

B

庁内整理番号

7507-2F

⑦発明者 フランソワ・マリ・ロ  
ペール

フランス国、64320・ビザノ、アブニュ・ポーソレイユ、  
ラ・バルミジアナ（番地なし）

⑧発明者 グザビエ・デフォルジ  
ユ

フランス国、78330・フオントネ・ル・フルリ、スクワー  
ル・パリシー、7